Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 241-257

Impact of Postharvest Application of Ascorbic Acid on Storage Life and Quality Attributes of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki* Thunb)

F. Nasr[1], V. Rabiei[2], F. Razavi[3*], G. Gohari[4]

Received:13-04-2021 Revised: 01-05-2021 Accepted: 05-06-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Nasr F., Rabiei V., Razavi F., and Gohari G. 2022. Impact of Postharvest Application of Ascorbic Acid on Storage Life and Quality Attributes of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki* Thunb). Journal of Horticultural Science 36(1): 241-257. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.69745.1040

Introduction

Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) is an important fruit that is consumed due to high nutritional, desirable taste and flavor. Unfortunately, most persimmon fruit producers do not use the suitable technology to preserve the fruit quality, consequently, marketing their product at lower prices. The fruit of Karaj cultivar is one of the best and highest quality cultivars in Iran but this fruit is sensitive to chilling injury and shows drastic softening and reduced nutritional value as chilling damage. Appliacation of effective treatments for reducing chilling symptoms and preserve quality can lead to the increase of shelf life in this fruit. Ascorbic acid is an important nutrient that it is required for the functioning of several enzymes and is important for immune system function. It also functions as an antioxidant. Recently this treatment has gained much attention for use as an environmentally friendly technology for the maintenance of postharvest quality of many horticultural crops. In this regard, the aim of the present study was to assess the effect of ascorbic acid and storage time on the postharvest life of persimmon fruit.

Materials and Methods

Persimmon fruit (cv.'Karaj') was first harvested at physiological maturity stage from a commercial orchard in Karaj city, then immediately transported to the postharvest laboratory at University of Zanjan. Fruit selected for uniformity of size, shape, color and free from disease or mechanical damage. The treatments included ascorbic acid at three levels (15, 30 and distilled water as a control mmol.L^{-1}) and storage time at three levels (15, 30 and 45 day). Fruit was dipped in solution of Ascorbic acid 15 and 30 mmol.L^{-1} and distilled water (control) for 10 min. After treatment, the fruits were stored at +4°C and 85-90% relative humidity for 45 days. Fruits were sampled during storage after (15, 30 and 45 days) and 24 hours maintaining at room temperature and fruit firmness, weight loss, TSS, TA, vitamin C, total flavonoids, total phenol, soluble tannins, total carotenoids, antioxidant capacity and MDA were measured at the end of each period. Persimmon fruit samples were weighed before and after the storage to calculate weight loss (%) during storage by using the formula of [(weight of fruits before the storage − weight of fruits after the storage)/weight of fruits before storage] × 100. Fruit firmness was determined using OSK 1618 penetrometer equipped with an 8 mm tip at 3 equatorial points, and the results were expressed as kg/cm^2, Soluble tannin was measured by using the method of Tiara (1996). Total carotenoid was measured based on wang *et al* (2006), Total soluble solid (TSS) was measured by using refractometer, Ascorbic acid content was determined by using the method of Jalilimarandi (2000) and Antioxidant activity was evaluated by measuring the scavenging activity of the examined extracts on the 2,2-diphenylhydrazil (DPPH) radical as described by Dehghan and Khoshkam (2012). Statistical analysis was performed using SAS V9 software and the treatment means were separated by Duncan's multiple range tests.

1, 2 and 3- Ph.D. Student in Production and Postharvest Physiology of Horticultural Crops and Associate Professors, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)
4- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Results and Discussion

Results showed that all treatments showed significant effect on evaluated traits. All treatments preserved vitamin C and antioxidant activity of fruit compared with control. Ascorbic acid 30 mmol.L^{-1} significantly preserved firmness, soluble tannin, total phenol, flavonoid, antioxidant capacity. Based on current results that ascorbic acid 15 and 30 mmol.L^{-1} treatments were the most effective in delaying decrease weight loss by reduced metabolic activity, delayed senescence, and maintained better cellular integrity thereby worked in an integrated manner to reduce fresh weight loss of persimmon fruit. Increasing Ascorbic acid suppressed oxidative damage possibly by quenching hydrogen peroxide and superoxide anion. Therefore, positively correlated with higher membrane integrity and less MDA of persimmon fruit. Ascorbic acid is not only an important nutraceutical compound but also a critical antioxidant that positively eliminates certain reactive oxygen species and preserve antioxidant compounds such as phenol, flavonoid, carotenoid and vitamin C in post-harvest. Ascorbic acid 15 and 30 mmol.L^{-1} treatments used in this experiment had no effect in changes TSS and total carotenoid. So ascorbic acid can improve effectively the quality and increase shelf life of fresh persimmon fruit in post-harvest.

Conclusion

In conclusion, our research indicates that ascorbic acid could prolong postharvest life of persimmon fruit by maintaining fruit quality attributes. Ascorbic acid treatment significantly is effective in preserving, firmness antioxidant compounds, quality properties and increasing the storage time of persimmon fruit of Karaj cultivar without harmful for human health. Hence, ascorbic acid treatment is a safe and applicable method of increasing the shelf life and preserving the quality in persimmon during cold storage.

Keywords: Soluble tannin, Shelf life, Total flavonoid, Total phenol, Total carotenoid

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۲۵۷-۲۴۱

تأثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه‌ی خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb.)

فهیمه نصر[۱]- ولی ربیعی[۲]- فرهنگ رضوی[۳*]- غلامرضا گوهری[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵

چکیده

با توجه به فسادپذیر بودن میوه خرمالو در دوره پس از برداشت و محدودیت استفاده از مواد شیمیایی، معرفی روش‌های طبیعی و سالم برای حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی خرمالو ضروری می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی اثر تیمار اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه خرمالو رقم 'کرج' انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح (۱۵، ۳۰ و صفر (شاهد) میلی‌مولار) به عنوان فاکتور اول و زمان انبارمانی در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز) به عنوان فاکتور دوم بودند. میوه‌ها به روش غوطه‌وری در محلول اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار و آب مقطر تیمار شدند و در یک دوره انباری ۴۵ روزه در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد نگهداری شدند. نتایج بدست آمده حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمارها بر صفات مورد ارزیابی بود. تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار موجب حفظ ویتامین ث، فلاونوئید کل، ظرفیت‌آنتی‌اکسیدانی و تانن محلول در مقایسه با شاهد شدند. تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار بهترین تیمار در بین تیمارهای اعمال شده در حفظ سفتی (۱/۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) تانن محلول (۱۸۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، فنول (۱۵۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و فلاونوئید کل (۳۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به شاهد بود. کاربرد اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار به طور مؤثری موجب تأخیر در افزایش مالون‌دی‌آلدهید (۱/۱ و ۲/۳ نانو مول بر گرم وزن‌تر) و کاهش وزن (۰/۸ و ۱/۳ درصد) نسبت به شاهد در طی ۴۵ روز انبارمانی شدند. با توجه به اثرات مثبت تیمار اسید آسکوربیک بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه خرمالو در طی ۴۵ روز انبارمانی، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد این ترکیب در مقیاس وسیع به عنوان راهکار مناسب جهت افزایش کیفیت میوه خرمالو قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: تانن محلول، عمر انبارمانی، فلاونوئیدکل، فنول کل، کاروتنوئیدکل

مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها در رژیم غذایی انسان حائز اهمیت بوده و نقش مهمی در حفظ سلامت انسان دارند. تعداد زیادی از گیاهان به عنوان منابع غذایی مفید محبوبیت پیدا کرده‌اند که در این میان، خرمالو (*Diospyros kaki* L.) یکی از این میوه‌های مغذی است که به علت طعم مطلوب و ارزش تغذیه‌ای بالا روز به روز تقاضا برای تازه‌خوری آن در حال افزایش است (Suzuki *et al*., 2005). میوه خرمالو دارای ویتامین ث، مواد آنتی‌اکسیدانی، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، قندها، تانن ها، پلی‌فنول‌ها، فیبرهای غذایی و کاروتنوئیدها است که این ترکیبات در سلامتی انسان اهمیت زیادی دارند (Celik and Ercisli, 2008). براساس آمار منتشرشده توسط سازمان جهانی فائو ایران رتبه پنجم را در تولید این محصول به خود اختصاص داده است (FAO, 2018) و در سال‌های اخیر پرورش و تولید آن در ایران در حال گسترش است. نکته قابل توجه این است که دوره برداشت خرمالو کوتاه بوده و متمرکز به ماه‌های آبان تا آذر است که در این

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت محصولات باغبانی و دانشیاران، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۴- دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: razavi.farhang@znu.ac.ir
DOI: 10.22067/JHS.2021.69745.1040

زمان کوتاه میزان زیادی خرمالو برداشت می‌شود (Salvador et al., 2004). میوه‌های برداشت شده قابلیت فساد پذیری بسیار بالایی دارند، بنابراین به کارگیری تیمارهای مناسب و سالم که عوارض جانبی برای سلامتی انسان نداشته باشد جهت افزایش قابلیت ماندگاری و عرضه خارج از فصل و صادرات ضروری می‌باشد (Arnal and Del Rio, 2004). امروزه تمایل جهانی برای یافتن روش‌های جایگزین در کنترل ضایعات پس از برداشت با اولویت دادن به روش‌های سالم به منظور جلوگیری از تأثیر منفی سموم شیمیایی بر سلامتی انسان می‌باشد.

اسید آسکوربیک با فرمول شیمیایی $C_6H_8O_6$ به صورت پودر کریستالی بیرنگ، سفید، کمی مایل به زرد کمرنگ و بدون بو می‌باشد (Lin et al., 2007). اسید اسکوربیک یک ویتامین محلول در آب است که نقش کلیدی در مهار گونه‌های فعال اکسیژن بازی می‌کند (Ozdemir and Gökmen, 2017). در سال های اخیر، استفاده از اسید آسکوربیک به عنوان یک ماده سالم و بدون عوارض جانبی برای سلامتی انسان به طور گسترده در حفظ کیفیت و افزایش عمرانباری محصولات باغبانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lin et al., 2007). این ویتامین به‌عنوان یک اسیدآلی ضعیف در کاهش فعالیت بسیاری از باکتری‌ها از طریق کاهش pH نقش دارد که به‌طور مؤثری موجب جلوگیری از فعالیت باکتری‌ها در هویج (Tajkarimi and Ibrahim، 2011)، سیب (Perez-Gago et al., 2006)، پاپایا (Tapia et al., 2008)، اسفناج (Toledo et al., 2003) و جک فروت (Acedo et al., 2012) شده است. همچنین اسید آسکوربیک یک ماده آنتی‌اکسیدانی است و موجب جلوگیری از اکسیداسیون مواد آنتی‌اکسیدانی و کاهش مواد آنتی‌اکسیدانی در پس‌ازبرداشت می‌شود (Olivas et al., 2007). این تیمار در طی فرآیند قهوه‌ای شدن آنزیمی از طریق بازگشت کوئینون به دی‌فنول از تجمع رنگدانه‌های ملانین در بافت جلوگیری کرده و از قهوه‌ای شدن میوه‌ها و سبزی‌ها ممانعت می‌کند (Lin et al., 2007). تیمار اسید آسکوربیک قهوه‌ای شدن آنزیمی را از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه گواوا به تأخیر انداخته و موجب حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی آن‌ها شده است (Azam et al., 2020). سان و همکاران (Sun et al., 2010) گزارش کردند که اسید آسکوربیک به‌طور مؤثری سبب مهار رشد میکروارگانیسم‌ها و حفظ سفتی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه لیچی شده است. همچنین میوه‌های تیمار شده میزان مالون‌دی‌آلدهید و نشت‌یونی کمتری نسبت به شاهد در طی ۳۰ روز انبارمانی نشان داده‌اند. میوه‌های فلفل دلمه‌ای تیمار شده با اسید آسکوربیک نیز میزان سفتی، کاروتنوئیدکل، کلروفیل‌کل، ویتامین ث، فنول و فلاونوئید بیشتر و درصد کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد نشان داده‌اند (Barzegar et al., 2018). در گزارشی دیگر تیمار اسید آسکوربیک به همراه ژل آلوئه‌ورا در حفظ سفتی و جلوگیری از کاهش وزن میوه توت‌فرنگی مؤثر بوده و میوه‌های تیمار شده بیشترین میزان آنتوسیانین و آنتی‌اکسیدان کل را در طی ۲۰ روز انبارمانی نشان داده‌اند (Sogvar et al., 2016). بنابراین استفاده از ترکیبات طبیعی برای حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از اسید آسکوربیک بر خصوصیات کیفی و افزایش عمر انبارمانی میوه خرمالو در طی ۴۵ روز انبارمانی بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه و سردخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان در پاییز ۱۳۹۹ انجام شد. میوه‌های خرمالو (رقم محلی 'کرج') در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی با مواد جامد محلول کل ۱۶/۲ درصد، پس از برداشت از باغ تجاری واقع در شهرستان کرج، جاده ملارد، شهریار با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۰ متر از سطح دریا تهیه شد. بلافاصله پس از برداشت به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان منتقل شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل پنج میوه در هر مرحله نمونه‌برداری انجام شد. فاکتور اول آزمایش شامل اسیدآسکوربیک در سه سطح (۱۵، ۳۰ و صفر (شاهد) میلی‌مولار) و فاکتور دوم زمان انبارمانی (۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز) بود. میوه‌های سالم، یکنواخت و بدون هیچ گونه صدمه فیزیکی برای اعمال تیمارها گزینش شده و تحت تیمار اسید آسکوربیک قرار گرفتند. میوه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار و تیمار شاهد در آب مقطر غوطه‌ور شدند. میوه‌های تیمار شده بعد از خشک شدن در در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد)، به سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰- ۸۵ درصد منتقل شدند و در فواصل زمانی ۱۵،۳۰ و ۴۵ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین به منظور ایجاد شرایطی مشابه با عمرقفسه‌ای معمول، قبل از اندازه‌گیری صفات، میوه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

صفات مورد ارزیابی

سفتی بافت میوه و درصدکاهش وزن

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از سفتی سنج دستی مدل (OSK 1618) ساخت کشور ژاپن با قطر پروب ۸ میلی‌متری استفاده شد. برای ارزیابی میزان درصد کاهش وزن قبل از شروع نگهداری و پس از خروج از انبار میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل (MAHAK) ساخت کشور ایران وزن شدند و درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه گردید (Meng et al., 2007).

مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از رفراکتومتر دیجیتالی مدل Atago-ATC-20€ ساخت کشور ژاپن استفاده شد. میزان اسید قابل تیتراسیون با تیتر نمودن آب میوه با سود ۰/۱ نرمال براساس pH پایانی ۸/۲–۸/۱ بدست آمد. درصد اسید قابل تیتراسیون براساس اسید غالب یعنی اسید مالیک و بر طبق رابطه زیر محاسبه شد. اکی‌والان اسید مالیک برابر ۰/۰۶۸ می‌باشد (Iranzo *et al*., 1984).

رابطه (۱)

۱۰۰×[(حجم نمونه تیتر شده) / (حجم سود مصرفی × نرمالیته سود مصرفی×۰/۰۶۸)] =درصد اسید قابل تیتراسیون

اسید آسکوربیک، فلاونوئید کل و فنول کل

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) با استفاده از روش یدومتریک انجام گردید و برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (Jalilimarandi, 2000). محتوای فلاونوئید کل عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط کاجو و همکاران (Kaijv *et al*., 2006) اندازه‌گیری شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. به طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO RS 232) ساخت کشور فرانسه در طول موج ۴۱۵ نانومترخوانده شد. محتوای فنول کل با استفاده از واکنش‌گر فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون غلظت‌های مختلف گالیک اسید به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد (Singliton and Rossi, 1965).

تانن محلول و کاروتنوئید کل

اندازه‌گیری غلظت تانن محلول نمونه‌ها پس از عصاره‌گیری نمونه با متانول ۸۰ درصد، بر طبق روش فولین دنیز انجام شد (Tiara, 1996). مقدار کاروتنوئید کل براساس روش وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2006) اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه (۲)

Total carotenoid= OD(480nm) × 4

OD (480 nm): جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر، ۴: عددثابت

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد (Dehghan & Khoshkam., 2012).

رابطه (۳)

$$RSA\ \% = \frac{100\ (A_C - A_S)}{A_C}$$

RSA :ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، AS:جذب نمونه حاوی عصاره، AC:جذب شاهد

مالون‌دی‌آلدهید(MDA) :

MDA بر اساس روش تیوباربیوتیک توصیف شده توسط زائو و همکاران (Zhao *et al*., 2009) انجام شد. برای محاسبهٔ MDA از ضریب خاموشی معادل $155 mmol^{-1}cm^{-1}$ استفاده شد.

رابطه (۴)

MDA= [A532 -A600/155] × 1000

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار اسیدآسکوربیک، اثر مدت زمان انبارداری و اثر برهمکنش بین تیمار و مدت زمان انبارداری بر سفتی بافت میوه، درصد کاهش وزن، ویتامین ث، تانن محلول، فلاونوئید کل، فنل کل، آنتی‌اکسیدان کل و مالون‌دی‌آلدهید معنی‌دار شد. ولی اثر تیمار بر مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و کاروتنوئید کل و اثر برهمکنش تیمار و مدت زمان انبارداری بر مواد جامد محلول و کاروتنوئید کل معنی‌دار نشد (جدول ۲).

سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه در زمان صفر ۸/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بود (جدول ۱) که در طی انبارمانی در همه نمونه‌ها کاهش یافت. تیمار اسید آسکوربیک به‌طور مؤثری موجب کند شدن فرایند نرم شدن بافت میوه طی دوره انبارمانی شد. در مدت زمان انبارداری ۱۵ و ۳۰ روز بیشترین میزان سفتی در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار مشاهده شد. در مدت زمان انبارداری ۴۵ روز میوه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار دارای سفتی بیشتری نسبت به تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار و شاهد بودند (شکل ۱). کمترین میزان سفتی بافت در شاهد مشاهده شد. حفظ سفتی از شاخص‌های اصلی کیفیت میوه و تعیین کننده عمر مفید پس از برداشت در خرمالو در طی انبارمانی می‌باشد (Martinez–Romero *et al*., 2006). کاهش سفتی بافت میوه در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی نظیر پلی‌گالاکتروناز، پکتین متیل استراز و بتاگلوکوزیداز اتفاق می‌افتد که ناشی از شروع فرآیند پیری در نتیجه افزایش تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Perkin-Veazie,

1995). اسید آسکوربیک به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدانی در حذف رادیکال‌های آزاد نقش اساسی دارد. همچنین اسید آسکوربیک از طریق کاهش تولید اتیلن و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی باعث جلوگیری از نرم شدن بیشتر میوه می‌شود (Martínez-Ortiz *et al*., 2019). تیمار اسید آسکوربیک به طور مؤثری موجب حفظ سفتی بافت میوه لیچی (Sun *et al*., 2010) و فلفل دلمه‌ای (Barzegar *et al*., 2018) در پس از برداشت شده است. در مطالعه‌ای دیگر افزایش سفتی بافت میوه همراه با افزایش غلظت تیمار اسید آسکوربیک در میوه توت‌فرنگی (Sogvar *et al*., 2016) گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

درصد کاهش وزن

با گذشت زمان انبارمانی درصد کاهش وزن تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. درصد کاهش وزن در میوه‌های گروه شاهد بیشتر از تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار بود. نتایج نشان داد که تیمار اسید آسکوربیک به‌طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه خرمالو شد. در نمونه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد در طی ۴۵ روز انبارمانی مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۱- صفات کمی و کیفی خرمالو رقم 'کرج' در زمان برداشت

Table 1- Quantitative and qualitative traits of persimmon fruit ('Karaj' local cultivar) at harvest time

فلاونوئیدکل Total flavonoid (mg.kg^{-1} FW)	اسیدآسکوربیک Ascorbic acid (mg.100g^{-1} FW)	کاهش وزن Weight loss (%)	اسید قابل تیتراسیون Titrable acidity (%)	مواد جامد محلول کل Total soluble solid (%)	سفتی Firmness (Kg.cm^2)
796	22.8	0	0.59	16.2	8.2

ادامه‌ی جدول ۱- صفات کمی و کیفی خرمالو رقم کرج در زمان برداشت

Table 1 Continued- Quantitative and qualitative traits of persimmon fruit (Karaj local cultivar) at harvest time

مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde (nmol g^{-1} FW)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (٪)	کاروتنوئید کل Total carotenoid (mg 100g^{-1} FW)	تانن محلول Soluble tannin (mg kg^{-1} FW)	فنول کل Total phenol ((mg kg^{-1} FW)
1.12	86	0.45	5585	8365

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر اسید آسکوربیک بر صفات ارزیابی شده میوه خرمالو رقم محلی 'کرج' طی دوره انبارمانی

Table 2- ANOVA for the effect of ascorbic acid on evaluated characteristics of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Square					
		سفتی Firmness	کاهش وزن Weight loss	مواد جامد محلول‌کل TSS	اسید قابل تیتراسیون TA	ویتامین ث Vitamin C	فلاونوئید کل Total flavonoid
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (AA)	2	9.39**	2.47*	2.17^{ns}	0.004^{ns}	122.98**	143934/33**
زمان انبارمانی Storage time (ST)	2	20.61**	10.05**	28.35*	0.034**	12.77*	290308**
AA×ST	4	1.34**	0.391*	0.888^{ns}	0.001*	1.92*	288.77**
خطا Error	18	0.274	0.215	1.621	0.001	0.538	272.471
ضریب تغییرات C.V (%)		14.05	5.82	9.83	7.23	1.92	1.45

**، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

**, *, ns: Significant at the 1 and 5% of probability levels, and non-significant.

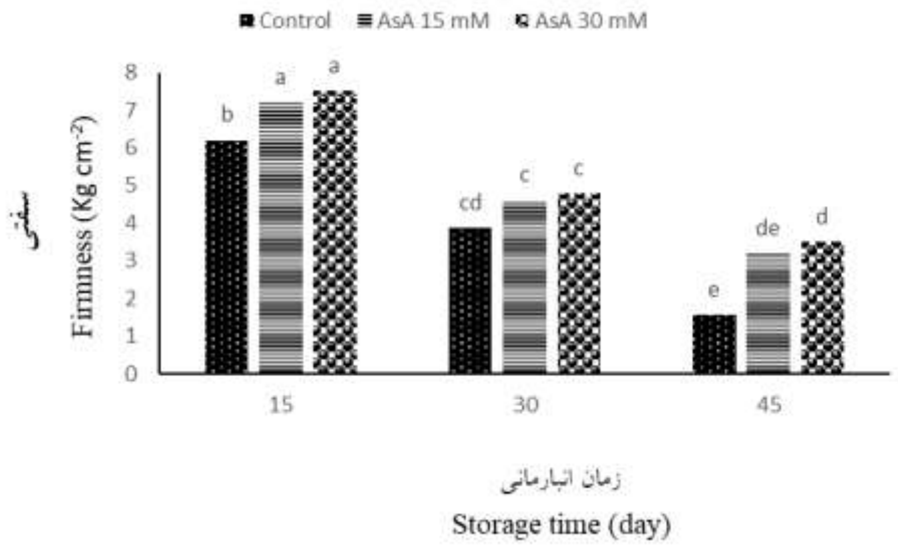
ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر اسید آسکوربیک بر صفات ارزیابی شده میوه خرمالو طی دوره انبارمانی

Table 2 Continued- Analysis of variance for the effect of ascorbic acid on evaluated characteristics of persimmon fruit during storage period.

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Means of Squar فنول کل Total phenol	کاروتنوئیدکل Total carotenoid	تانن محلول Soluble tannin	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity	مالون‌دی‌آلدهید MDA
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (AA)	2	15315636.70**	0.165ns	3410173.815*	109.86**	8.60*
زمان انبارمانی Storage time (ST)	2	48645750.1*	0.097*	14219627.26*	168.95**	7.31*
AA×ST	4	109105842.7*	0.005ns	1513952.92**	27.30*	1.61*
خطا Error	18	44708.815	0.003	125450.630	272.47	0.288
ضریب تغییرات C.V (%)		2.44	6.12	6.85	3.22	16.85

**، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

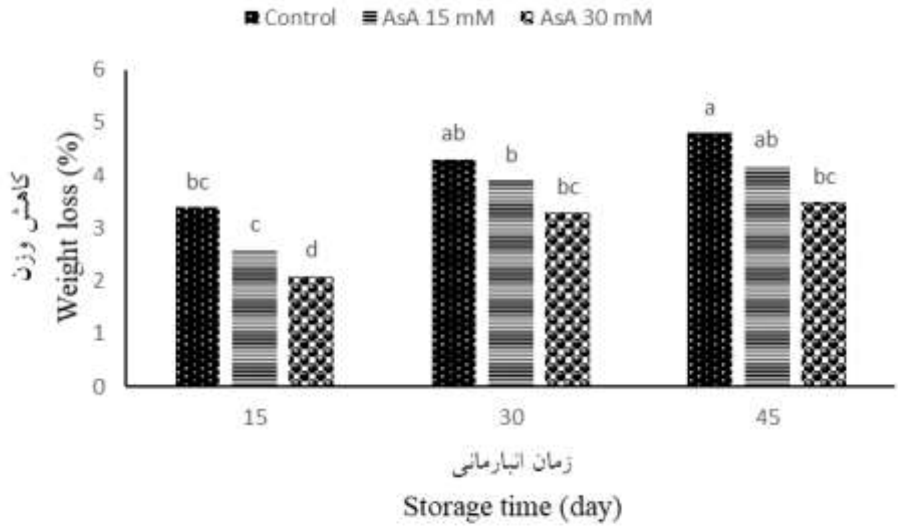
**, *, ns: Significant at the 1 and 5% of probability levels, and non-significant.



شکل ۱- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر سفتی بافت میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figure 1- The effect of postharvest ascorbic acid application on firmness of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, $p\leq 0.05$)

کمتـرین میـزان کـاهش وزن در تیمـار اسـید آسـکوربیک ۳۰ میلی‌مولار در پایان انبارمانی مشـاهده شـد. طـی انبارمـانی بـه علـت تشدید فرآیندهای تنفسی و پیری، مصرف مواد ذخیره‌ای افزایش یافته و درصد کاهش وزن افزایش می‌یابد (Meng *et al*., 2007). یکی از مهم‌ترین اهداف افزایش عمر انبارمـانی میـوه خرمـالو جلـوگیری از کاهش وزن و چروکیدگی میوه در مرحله پس از برداشـت اسـت کـه این امر با کـاهش سـرعت تعـرق و تـنفس میسر است (Khademi *et al*., 2012). اسید آسکوربیک به عنوان یک مـاده آنتـی‌اکسـیدانی طبیعی پوششی را روی سطح میوه ایجاد مـی‌کنـد و موجـب کـاهش تنفس در میوه می‌شود، همچنین اسید آسکوربیک با تخریب گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش اکسیداسیون مواد در سلول، پیری را به تـأخیر انداخته و موجب جلوگیری از کاهش وزن در پس از برداشت می‌شـود (Ali *et al*., 2021). کاربرد اسید آسکوربیک در ترکیب با پوشش ژل آلوئه‌ورا برای جلوگیری از کاهش وزن میوه‌هـای تـوت فرنگـی مـوثر واقع شده است (Sogvar *et al*., 2016). در گزارشـی دیگـر اسـفناج تیمار شده با اسیدآسکوربیک کاهش وزن کمتری نسبت بـه شـاهد در طی انبارمانی نشان داده است (Toledo *et al*., 2003)، کـه منطبـق با نتایج پژوهش حاضر است.



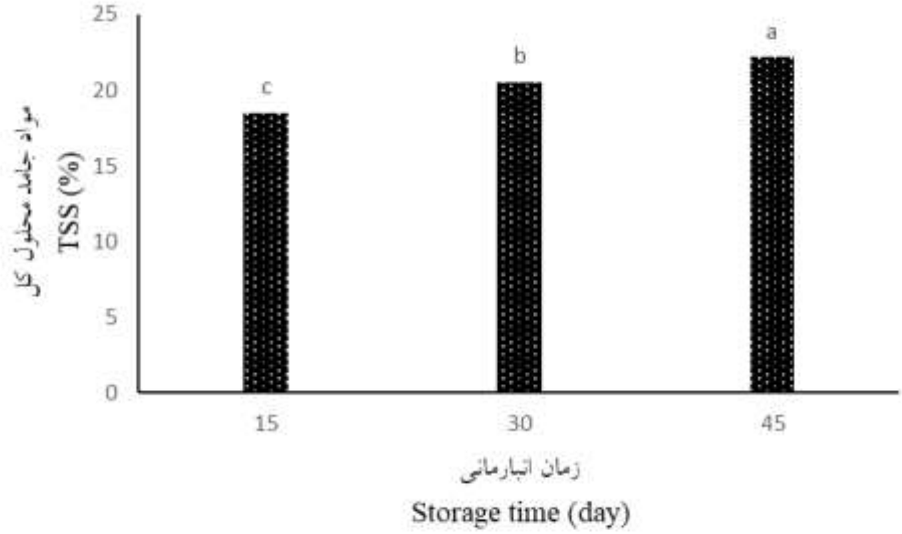
شکل ۲- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر درصد کاهش وزن میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی
Figure 2- The effect of postharvest ascorbic acid application on weight loss of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, $p \leq 0.05$)

مواد جامد محلول کل و اسید قابل تیتراسیون

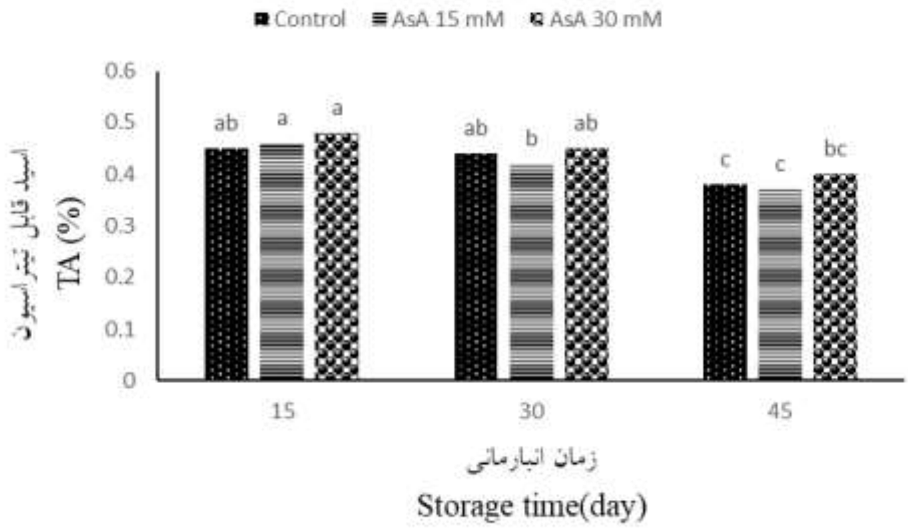
میزان مواد جامد محلول کل در زمان صفر ۱۶/۲ درصد بود (جدول ۱) که در طی انبارمانی در همه نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۳). تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار در جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول تأثیری نداشتند. همچنین روند کاهشی معنی‌داری در میزان اسید قابل تیتراسیون طی دوره انبارمانی میوه‌های خرمالو مشاهده شد. کم‌ترین میزان اسید قابل تیتراسیون در انتهای دوره انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده گردید. تیمار اسید آسکوربیک به صورت جزئی مانع کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون در طی انبارمانی شد (شکل ۴). مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون ویژگی‌های مهمی هستند که در طعم، عطر و مزه میوه خرمالو تاثیر زیادی دارند. کاهش اسید قابل تیتراسیون و افزایش مواد جامد محلول به دلیل تجزیه اکسیداتیو صورت می‌گیرد (Ghasemnezhad *et al*., 2011). تنفس باعث شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ساده‌تر و افزایش مواد جامد محلول می‌شود، همچنین با افزایش تنفس با تبدیل شدن اسیدهای آلی به قند از میزان آن‌ها در عصاره میوه کاسته می‌شود (Meng *et al*., 2007). گزارشات متفاوتی از تأثیر اسید آسکوربیک در جلوگیری از تغییرات TSS و TA در دسترس است. در گزارشی تیمار اسید آسکوربیک تأثیری در جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول در میوه زردآلو نداشته است (Hosseini *et al*., 2011). تیمار اسید آسکوربیک با کاهش رادیکال‌های آزاد موجب کند شدن روند افزایش TSS در طی ۱۲ روز انبارمانی در میوه توت‌فرنگی شده است (Sogvar *et al*., 2016). دراین آزمایش چون میزان مواد جامد محلول در خرمالو به ترکیبات مختلف مانند تانن محلول بستگی دارد، تیمار اسید آسکوربیک تاثیر زیادی در تغییرات آن نداشته است. آرو و همکاران (Arowora *et al*., 2013) بیان کردند که احتمالاً اسید آسکوربیک با کاهش جذب اکسیژن در طی فرآیند متابولیسم موجب جلوگیری از کاهش اسید قابل تیتراسیون در طی انبارمانی می شود. اسید آسکوربیک موجب حفظ اسید قابل تیتراسیون در میوه گواوا در طی انبارمانی شده است (Azam *et al*., 2020).

اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

میزان ویتامین ث در زمان برداشت ۲۲/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بود که میزان آن در طی انبارمانی در شاهد و تیمارها افزایش یافت. تیمار اسید آسکوربیک از کاهش بیشتر ویتامین ث به‌طور مؤثری جلوگیری کرد. در زمان‌های بررسی ۳۰ روز بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار مشاهده شد. در مدت زمان انبارداری ۴۵ روز بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار شد (شکل ۵).



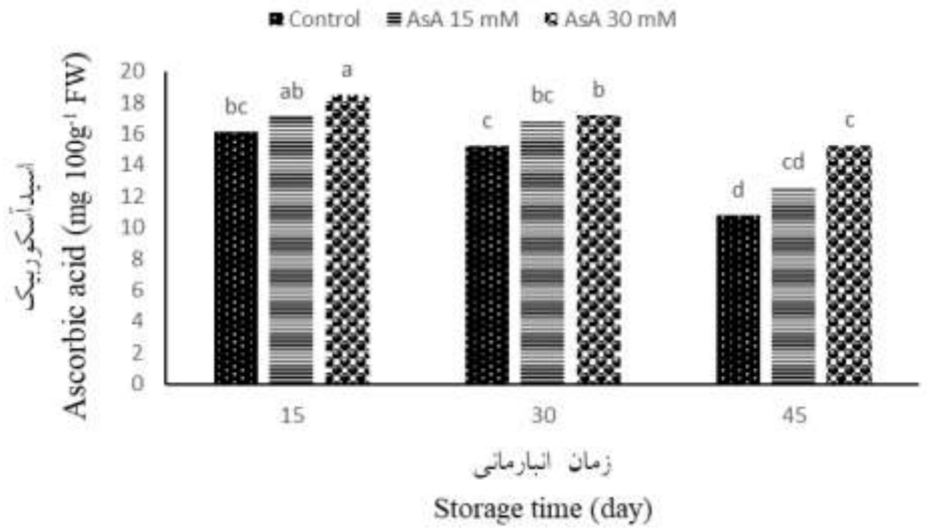
شکل ۳- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر مواد جامد محلول کل میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی
Figure 3- The effect of postharvest ascorbic acid application on TSS of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۴- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر اسید قابل تیتراسیون میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی
Figure 4- The effect of postharvest ascorbic acid application on TA of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)

ویتامین ث جزء مواد آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی می‌باشد که در طول مدت نگهداری یا رسیدگی میوه بر اثر اکسیداسیون و فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به سرعت تجزیه شده و مقدار آن کاهش می‌یابد (Kazemi *et al*., 2011). تیمار اسید آسکوربیک در مقابل پراکسید هیدروژن به عنوان گیرنده الکترون عمل می‌کند و از اکسیداسیون ویتامین ث در پس از برداشت جلوگیری می‌کند (Azam *et al*., 2020). تیمار اسید آسکوربیک به تنهایی یا در ترکیب با تیمارهای دیگر به عنوان یک لایه محافظ از نفوذپذیری اکسیژن به داخل میوه جلوگیری کرده و در نتیجه اکسیداسیون ویتامین ث را در درون میوه‌هایی مانند لیچی (Sun *et al*., 2010) و فلفل دلمه‌ای (Barzegar *et al*., 2018) در پس از برداشت به تأخیر انداخته است. زینگ و همکاران (Xing *et al*., 2010)، گزارش کردند که افزایش بیوسنتز یا کاهش تجزیه ویتامین ث از طریق حذف رادیکال‌های آزاد بوسیله تیمار اسید آسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با اسید

آسکوربیک مشاهده شده است. همچنین تیمار اسید آسکوربیک به طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش ویتامین ث در توت‌فرنگی شده است (Sogvar *et al*., 2016) که با نتایج ما مطابقت دارد.



شکل ۵- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر اسید آسکوربیک میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figure 5- The effect of postharvest ascorbic acid application on ascorbic acid of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, $p \leq 0.05$)

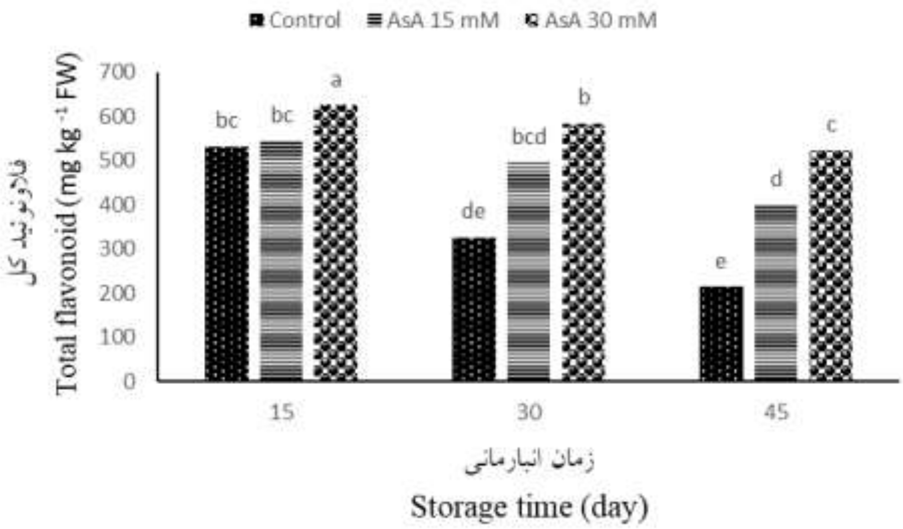
فلاونوئید و فنول کل

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فلاونوئید و فنول کل میوه‌ها نشان داد که با افزایش طول دوره انبارمانی میزان فلاونوئید و فنول کل میوه‌ها کاهش یافت. تیمار اسید آسکوربیک اثر معنی‌داری بر میزان فلاونوئید کل در طول دوره ۴۵ روزه انبارمانی در مقایسه با شاهد داشت. در مدت زمان انبارداری ۳۰ و ۴۵ روز بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۶). تیمار اسید آسکوربیک به‌طور معنی‌داری موجب حفظ فنول کل در طی انبارمانی شد. در پایان انبارمانی بیشترین میزان فنول کل در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار و کمترین در شاهد مشاهده شد (شکل ۷). ترکیبات فنولی به دلیل تأثیر آن‌ها در ویژگی‌های کیفی مانند رنگ، گسی، تلخی، عطر و طعم میوه‌ها و سبزی‌ها مهم هستند (Vinson *et al*., 2001). تحقیقات مختلف نقش آنتی‌اکسیدانی فنول‌ها و فلاونوئیدها را ثابت کرده است (Mackerness *et al*., 2001)، غلظت ترکیبات فنولی میوه‌ها به تدریج در طی انبارمانی کاهش می‌یابد، که با افزایش فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز مرتبط است (Parr and Bolwell, 2000). عوامل مانند تنش‌ها و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از مواد آنتی‌اکسیدانی مانند فنول و فلاونوئید کمک می‌گیرند (Asghari and Babalar, 2010). نقش اسید آسکوربیک در حفظ فنول و فلاونوئید کل به نقش آنتی‌اکسیدانی آن و حذف رادیکال‌های آزاد مربوط است (Singh and Pal, 2008). ساین و پال (Singh and Pal, 2008) گزارش کردند که تیمار اسید آسکوربیک با حذف رادیکال‌های آزاد به‌طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش فنول و فلاونوئید کل در میوه گواوا شده است. همچنین تیمار اسید آسکوربیک با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز، موجب حفظ فنول و فلاونوئید کل در فلفل دلمه‌ای و میوه توت‌فرنگی در طی دوره انبارمانی شده است (Sogvar *et al*., 2016; Barzegar *et al*., 2018). که منطبق با نتایج پژوهش حاضر است.

تانن محلول

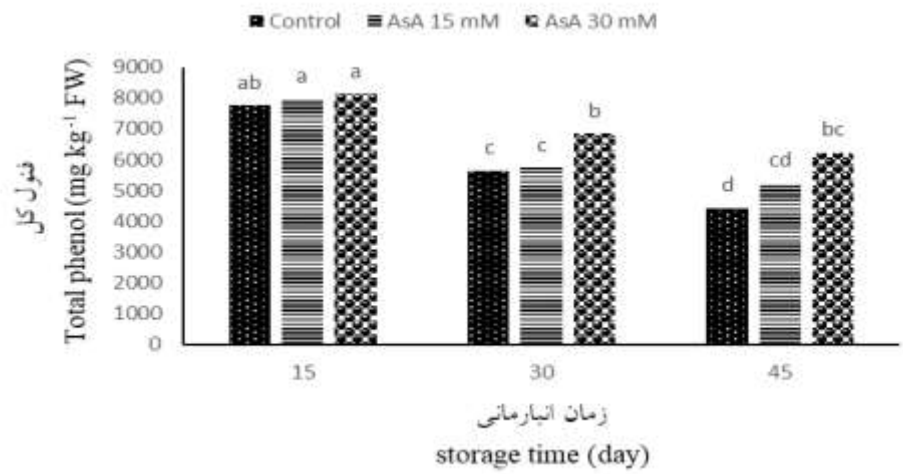
نتایج نشان داد که میزان تانن محلول در طول دوره نگهداری در میوه‌های شاهد و تیمار شده با اسید اسکوربیک کاهش می‌یابد. در مدت زمان انبارداری ۱۵ و ۳۰ روز بیشترین میزان تانن محلول در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ و۳۰ مولار مشاهده شد ولی در مدت زمان انبارداری ۴۵ روز تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار به طور مؤثری مانع از کاهش تانن محلول در میوه‌های خرمالو شد (شکل ۸). تانن محلول جزء ترکیبات فنولی است. تانن محلول موجود درسلول‌هایی موسوم به سلول‌های تاننی عامل ایجاد طعم گس در انواع گس میوه خرمالو می‌باشند (Matsuo and Itoo, 1978). میزان تانن محلول از

مشخصه‌های اصلی در ارتباط با کیفیت میوه خرمالو رسیده است. که میزان آن در طول دوره انبارمانی به طور مداوم کاهش می‌یابد که به علت تشکیل کمپلکس بین پکتین آزاد شده از دیواره سلولی و تانن می‌باشد (Taira *et al*., 1997).



شکل ۶- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر فلاونوئید کل میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

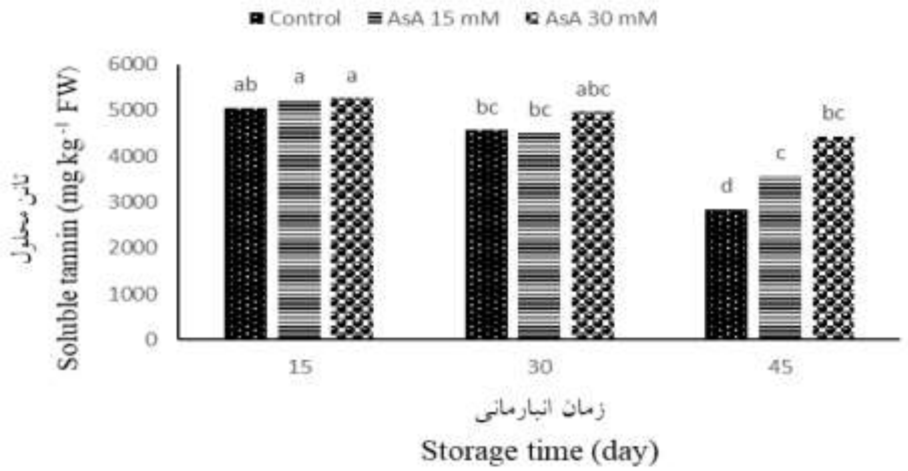
Figur 6-The effect of postharvest ascorbic acid application on total flavonoid of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۷- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر فنول کل میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figur 7- The effect of postharvest ascorbic acid application on total phenol of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, *p≤0.05*)

اسید آسکوربیک با کاهش تولید اتیلن موجب جلوگیری از پلیمریزه شدن تانن در طول انبارمانی می‌شود، این تیمار با نقش آنتی‌اکسیدانی خود و تخریب رادیکال‌های آزاد مقاومت به تنش‌ها را زیاد می‌کند که با افزایش ترکیبات فنولی مانند تانن محلول همراه است (Sogvar *et al*., 2016). در مطالعه‌ای دیگر اسید آسکوربیک با کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده ترکیبات فنولی در حفظ ترکیبات فنولی (مانند تانن محلول) در میوه توت‌فرنگی در انبار سرد بسیار مؤثر بوده است (Turmanidze *et al*., 2017). آزم و همکاران (Azam *et al*., 2020) مشاهده کردند که اسید آسکوربیک با نقش آنتی‌اکسیدانی خود موجب حفظ ترکیبات فنولی و تانن محلول در میوه گواوا در انبار سرد شده است.



شکل ۸- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر تانن محلول میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

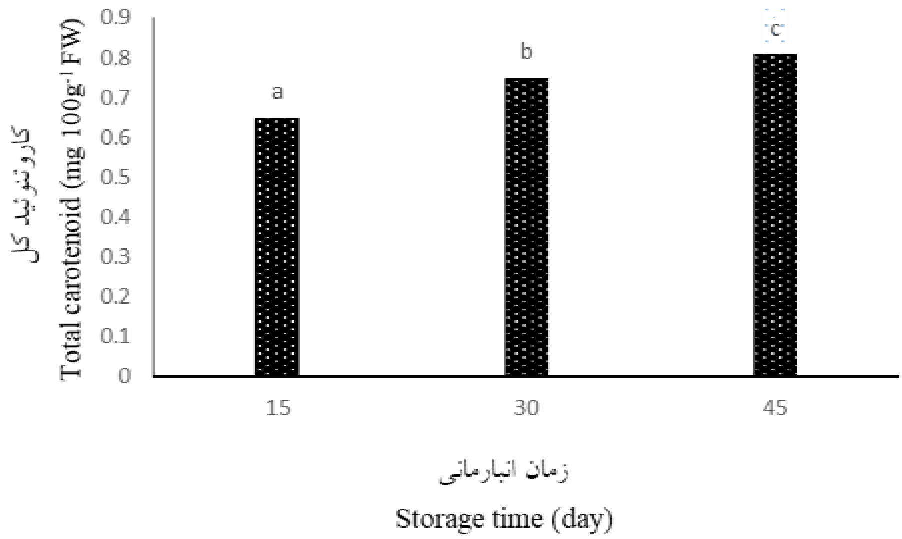
Figure 8- The effect of postharvest ascorbic acid application soluble tannin of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period
(DMRT, $p \leq 0.05$)

کاروتنوئید کل

میزان کاروتنوئید کل در زمان صفر ۰/۴۵میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تر بود (جدول ۱) که میزان آن در طی انبارمانی افزایش یافت. تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۵ و ۳۰ میلی‌مولار در جلوگیری از تغییرات کاروتنوئید کل در این آزمایش تأثیری نداشتند (شکل ۹). کمترین میزان کاروتنوئید کل در شاهد مشاهده شد. کاروتنوئیدها به عنوان ترکیبات رنگی زرد، نارنجی و قرمز با فعالیت بیولوژیکی مهم در میوه‌ها و سبزی‌ها گسترش داشته و از بیماری‌های مزمن جلوگیری می‌کنند (Kumazawa *et al.*, 2002). گزارش شده است که در کلروپلاست‌ها کاروتنوئیدها به عنوان رنگیزه‌های کمکی عمل می‌کنند ولی نقش مهم‌ترشان نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها می‌باشد (Taira, 1996). باتوجه به اینکه میوه خرمالو غنی از رنگدانه‌های کارتنوئیدی می‌باشد رنگ میوه‌ها در طول انبارمانی از زرد به نارنجی پررنگ تغییر می‌کند. زیگزانتین و کریپتوزانتین از جمله کاروتنوئیدهای مهم خرمالو می‌باشد (Schon, 1935). گزارشات متفاوتی از تأثیر اسید آسکوربیک در حفظ کاروتنوئید کل در پس از برداشت وجود دارد. تیمار اسید آسکوربیک از طریق فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تخریب رادیکال‌های آزاد مانع از افزایش کاروتنوئید کل در میوه توت‌فرنگی شده است (Barzegar *et al.*, 2018). موراییس و همکاران (Morais *et al.*, 2002) گزارش کردند که تیمار اسیدآسکوربیک تأثیری در جلوگیری از افزایش کاروتنوئید میوه فلفل نداشته است.

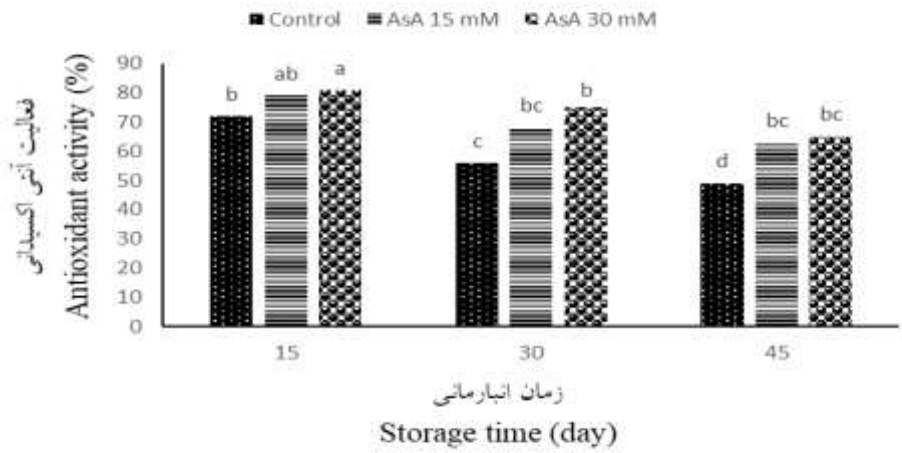
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

طبق جدول ۲ اثر تیمار اسید آسکوربیک و اثر مدت زمان انبارداری در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آنتی‌اکسیدان کل میوه خرمالو در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. با گذشت زمان آزمایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت. تیمار اسید آسکوربیک به‌طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش آنتی‌اکسیدان کل در طی ۴۵ روز انبارمانی شد. در مدت زمان انبارداری ۴۵ روز بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار و کمترین در شاهد مشاهده شد (شکل ۱۰). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها از فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و همچنین ترکیبات غیرآنزیمی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنولی و کارتنوئیدها حاصل می‌شود (Zhao-liang *et al.*, 1998). عواملی مانند تنش‌ها و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از آنتی‌اکسیدان‌ها کمک می‌گیرند. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد، اکسیده شده و ایجاد خسارت توسط گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهند (Gil *et al.*, 2002). اسید آسکوربیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود منجر به تخریب رادیکال‌های آزاد و باعث حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در طول انبارمانی می‌شود (Sogvar *et al.*, 2016). تیمار اسید آسکوربیک به‌طور مؤثری موجب حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه گواوا در طی ۱۲ روز انبارمانی شده است (Azam *et al.*, 2020). همچنین این تیمار در حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه لیچی (Sun *et al.*, 2010) و فلفل دلمه‌ای (Barzegar *et al.*, 2018) موثر بوده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۹- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر کاروتنوئید کل میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figure 9- The effect of postharvest ascorbic acid application on total carotenoid of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)



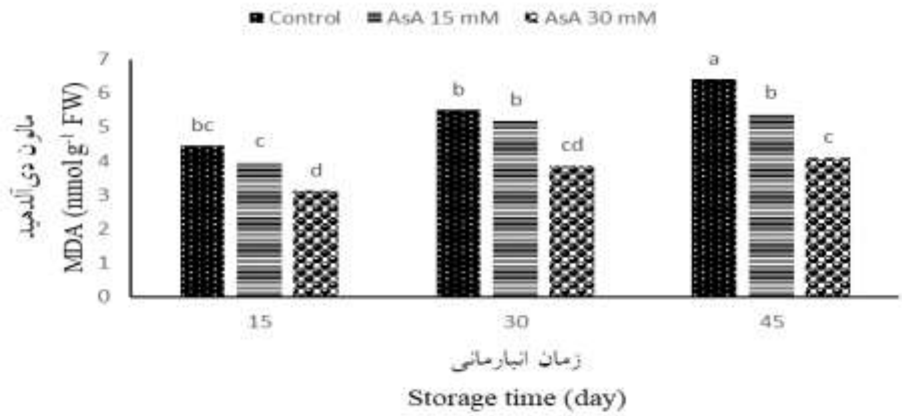
شکل ۱۰- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figure 10- The effect of postharvest ascorbic acid application on antioxidant activity of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)

مالون‌دی‌آلدهید (MDA)

میزان مالون‌دی‌آلدهید در طی انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک و میوه‌های شاهد افزایش یافت. اثر تیمار، مدت زمان انبارداری و اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارداری در سطح ۵ درصد بر میزان MDA معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید میوه‌ها نشان داد در مدت زمان انبارداری ۱۵ و۳۰ روز اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار و شاهد مشاهده نشد. تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار به طور مؤثری موجب جلوگیری از افزایش میزان مالون‌دی‌آلدهید در طی انبارمانی شد (شکل ۱۱). مالون‌دی‌آلدهید محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشاء است که به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌باشد (Mo *et al*., 2008). تولید بیشتر رادیکال‌های پراکسیدهیدروژن و سوپراکسید منجر به آسیب غشایی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شود (Zhang *et al*.,

(2015). اسید آسکوربیک یک ماده آنتی‌اکسیدانی است که تولید رادیکال‌های آزاد مانند پراکسید هیدروژن و آنیون سوپراکسید را کاهش می‌دهد، در نتیجه منجر به کاهش آسیب اکسیداتیو و کاهش تولید MDA می‌شود (Ali *et al*., 2021). تیمار اسید آسکوربیک به طور موفقیت‌آمیزی موجب کاهش MDA در میوه لیچی در پس از برداشت شده است (Sun *et al*., 2010).



شکل ۱۱- تاثیر کاربرد پس از برداشت اسید آسکوربیک بر مالون‌دی‌آلدهید میوه خرمالو رقم 'کرج' در طول دوره انبارمانی

Figure 11- The effect of postharvest ascorbic acid application on MDA of persimmon fruit cv. 'Karaj' during storage period (DMRT, $p≤0.05$)

نتیجه‌گیری

اسید آسکوربیک یکی از مهمترین ترکیبات طبیعی و سازگار با سلامت انسان و طبیعت دارای ارزش دارویی و غذایی است که می‌تواند موجب افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه در پس از برداشت شود. تیمار اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری موجب حفظ سفتی، میزان فنول و فلاونوئیدکل، اسید آسکوربیک، تانن محلول و آنتی‌اکسیدان کل در مقایسه با شاهد شد. همچنین میوه‌های تیمار شده کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید و درصد کاهش وزن و بیشترین میزان اسیدقابل تیتراسیون را نشان دادند. تیمار اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار در حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی بسیار مؤثرتر بود. باتوجه به نتایج این پژوهش توصیه می شود تولید کنندگان خرمالو با کاربرد تیمار اسیدآسکوربیک از کاهش وزن میوه طی انبارمانی جلوگیری کرده و در نتیجه میوه خرمالو را تا مدت زمان بیشتر بعد از برداشت با کیفیت مساعد نگهداری کرده و با بهای مناسب به بازار عرضه نمایند.

منابع

1. Acedo J.Z., Varron D.A.C., Emnace I.C., Lauzon R.D., and Acedo A.L. 2012. Antimicrobial effects of ascorbic acid and calcium lactate in freshcut jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). Acta Horticulturae https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.989.25.
2. Ali S., Khan A.S., Malikb A.U., Anwar R., Akbar M., Nawaza A., Shafique M., and Naz S. 2021. Combined application of ascorbic and oxalic acids delays postharvest browning of litchi fruits under controlled atmosphere conditions. Food Chemistry 350: 21-31. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2021.129277.
3. Ali S., Anjum M.A., Nawaz A., Naz S., Hussain S., Ejaz S., and Sardar H. 2020. Effect of pre-storage ascorbic acid and Aloe vera gel coating application on enzymatic browning and quality of lotus root slices. Journal of Food Biochemistry 44(3): 33-46. https://doi.org/10.1111/jfbc.13136.
4. Arnal L., and Del Rio M. 2004. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) cv. Rojo Brillante. Food Science and Technology 10: 179–185. https://doi.org/10.1177/1082013204044824.
5. Arowora K., Williams J., Adetunji C., Fawole O., Afolayan S., Olaleye O., and Ogundele B. 2013. Effects of Aloe vera coatings on quality characteristics of oranges stored under cold storage. Greener Journal of Agricultural Sciences 3(1): 39-47. http://doi.org/10.15580/GJAS.2013.1.110112192.
6. Asghari M.R., and Babalar M. 2010. Use of salycilic acid to increase strawberry fruit total antioxidant activity. Acta Horticulturae 877: 1117-1122. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.152.

7. Azam M., Hameed L., Qadri A., Ejaz S., Aslam A., Khan M., Shen J., Zhang J., Nafes M., Ahmad M., Chen J., and Anjum N. 2020. Postharvest ascorbic acid application maintained physiological and antioxidant responses of Guava (*Psidium guajava* L.) at ambient storage. Food Science and Technology 45: 117-125. https://doi.org/10.1590/fst.19820.
8. Barzegar T., Fateh M., and Razavi F. 2018. Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. Scientia Horticulturae 241: 293-303. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.011
9. Celik A., and Ercisli S. 2008. Persimmon, cv. Hachiya (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit: some physical, chemical and nutritional properties. International Journal of Food Sciences and Nutrition 59: 599-606. https://doi.org/10.1080/09637480701538221.
10. Dehghan J., and Khoshkam Z. 2012. Tin (II)–quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. Food Chemistry 131: 422–426. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.074.
11. Egert M., and Tevini M. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental and Experimental Botany, 48: 43-49. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00008-4.
12. FAOSATE. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO database.
13. Ghasemnekhad M., Zreh S., Rassa M., and Hassan R., Sajedi R. 2012. Effect of Chitosan Coating on Maintenance of Aril Quality. Microbial Population and PPO Activity of Pomegranate (*Punica granatum* L. Var. Tarom) at Cold Storage Temperature. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 368. https://doi.org/10.1002/jsfa.5770.
14. Gil M.I., Tomas-Barberan F.A., Hess B., Holcroft D.M., and Kader A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 4581-4589. https://doi.org/10.1021/jf000404a.
15. Hosseini M., Mostafavi M., Hadavi A., and Rezaei M. 2011. Review of the effect of ascorbic acid, citric acid and sodium meta bisulphite on physicochemical and organoliptic characteristics of apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivar Jahangiri. Journal of Horticultural Science 26: 67-63.
16. Iranzo B., Pertegaz J.C., and Balsalobre A.P. 1984. Characterization and measurement of astringency and tannin content in Rojo Brillanteg persimmon quality and systems. Acta Horticulturae 601: 227-231.
17. Jalilimarandi R. 2000. Postharvest Physiology (Handling and storage of fruits, vegetables and ornamental plants). Publishers Jihad Urmia University. Second edition. p. 276
18. Kaijv M., Sheng L., and Chao C. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science and Technology 27: 110–115.
19. Kazemi M., Aran M.A., and Zamani S. 2011. Effect of calcium chloride and salcylic acid treatments quality on characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Haywad) during Storage. American Journal of Plant Physiology 6: 183-189. https://doi.org/10.3923/ajpp.2011.183.189.
20. Khademi O., Zamani Z., Mostofi Y., Kalantari S., and Ahmadi A. 2012. Extending storability of persimmon fruit cv. Karaj by postharvest application of salicylic acid. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 1067-1074.
21. Kumazawa S., Taniguchi M., Suzuki Y., Shimura M., Kwon M.S., and Nakayama T. 2002. Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 373–7. https://doi.org/10.1021/jf010938r.
22. Lin L., Li Q.P., Wang B.G., Cao J.K., and Jiang W.B. 2007. Inhibition of core browning in “Yali” pear fruit by post-harvest treatment with ascorbic acid. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 82(3): 397–402. https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512250.
23. Mackerness S.A.H., John C.F., Jordan B., and Thomas B. 2001. Early signaling components in ultraviolet responses: distinct role for different reactive oxygen species and nitric oxide. FEBS Letters 489: 237–242. https://doi.org/10.1016/S0014-5793(01)02103-2.
24. Martinez-Romero D.N., Alburquerqu J.M., Valverde F., Guill N.S., Castillo D., Valero and Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* a new edible coating. Postharvest Biology and Technology 39: 93-100. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006.
25. Martínez-Ortiz M., Palma-Rodríguez H., Montalvo-González M., Sayago-Ayerdib S., Vargas-Torres A. 2019. Effect of using microencapsulated ascorbic acid in coatings based on resistant starch chayotextle on the quality of guava fruit. Scientia Horticulturae 15: 26-38. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108604.
26. Matsuo T., and Itoo S. 1978. The chemical structure of kaki tannin from immature fruit of the persimmon (*Diospyros kaki* L.). Agriculture and Biology Chemistry 42: 1637-43.
27. Meng X., Li B., Liu J., and Tian S. 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan pre-harvest spray and postharvest coating during storage. Food Chemistry 106: 501-508. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012.
28. Mo Y.W., Gong D.Q., Liang G.B., Han R.H., Xie J.H., and Li W.C. 2008. Enhanced preservation effects of sugar apple fruit by salicylic acid treatment during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 88(15): 2693-

2699. https://doi.org/10.1002/jsfa.3395.
29. Morais H., Rodrigues P., Ramos C., Forgács H., Cserhati T., and Oliveira J. 2002. Effect of ascorbic acid on the stability of beta-carotene and capsanthin in paprika (*Capsicum annuum*) powder. National Center for Biotechnology Information 46: 23-45. https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020901)46:5<308::AID-FOOD308>3.0.CO;2-B.
30. Olivas G., Mattinson D., and Barbosa C.G. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed Gala'apples, Postharvest Biology and Technology 45: 89-96. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.018.
31. Ozdemir K.S., and Gökmen V. 2017. Extending the shelf-life of pomegranate arils with chitosan-ascorbic acid coating. LWT - Food Science and Technology 76: 172–180. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.057.
32. Parr A.J., Bolwell G.P. 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 985–1012.
33. Perez-Gago M.B., Serra M., and DelRio M.A. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. Postharvest Biology and Technology 39: 84–92. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.08.002
34. Perkin-Veazie P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. Horticultural Reviews 17:267–297. https://doi.org/10.1002/9780470650585.ch8.
35. Salvador A., Arnal L., Monterde A., and Cuquerella J. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. Rojo brillante by 1-MCP. Postharvest Biology and Technology 33: 285-291. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.03.005.
36. Schon K. 1935. I. The carotenoids of Diospyros fruits. II. The carotenoids of arbutus fruits Arbutus unedo. Biochemical Journal 29-1779. https://doi.org/10.1042/bj0291779.
37. Singh S., and Pal R. 2008. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. Postharvest Biology and Technology, 47(3): 307-314. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.010.
38. Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.
39. Sogvar O., Saba M., and Emamifar A. 2016. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 114: 29-35. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019.
40. Sun D., Liang G., Xie J., Lei X., and Mo Y. 2010. Improved preservation effects of litchi fruit by combining chitosan coating with ascorbic acid treatment during postharvest storage. African Journal of Biotechnology 9(22): 3272-3279.
41. Suzuki T., Someya S., Hu F., and Tanokura M. 2005. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). Food Chemistry 93:149–52. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.017.
42. Taira S., Ono M., and Matsumoto N. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannin. Postharvest Biology and Technology 12: 265-271. https://www.cabi.org/isc/abstract/19980301673.
43. Taira S. 1996. Linskens, H. F. and Jackson, J. F (Eds). Astringency in persimmon. In: "Modern Method of Plant Analysis, Fruit Analysis". Springer-Verlang, Berlin 97-110. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79660-9_6.
44. Tajkarimi M., and Ibrahim S.A. 2011. Antimicrobial activity of ascorbic acid alone or in combination with lactic acid on Escherichia Coli O157: H7 in laboratory medium and carrot juice. Food Control 22: 801–804. https://www.scirp.org/related/RelatedArticles.aspx?SPID=6692545.
45. Tapia M.S., Rojas-Graü M.A., Carmona, A., Rodríguez F.J., Soliva-Fortuny R., and MartinBelloso O. 2008. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. Food Hydrocool 22: 1493–1503. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.004.
46. Toledo M.E., Ueda Y., Imahori Y., and Ayaki M. 2003. L-Ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage in light and dark. Postharvest Biology and Technology 28: 47–57. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00121-7.
47. Turmanidze T., Jgenti M., Gulua L., and Shaiashvili V. 2017. Effect of ascorbic acid treatment on some quality parameters of frozen strawberry and raspberry fruits. Annals of Agrarian Science 217: 1-5. https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.02.017.
48. Vinson J.A., Su X., Zubik L., and Bose P. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits Journal of Agricultural Food Chemistry 49: 5315–5321.
49. Wang L., Chen S., Kong W., Li S., and Archbold D.D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock protein of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology 41: 224-251. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.010.
50. Xing Y., Li X., Xu Q., Jiang Y., Yun J., and Li W. 2010. Effects of chitosan-based coating and modified

atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaerth). Innovative Food Science and Emerging Technologies 11(4): 684-689. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.006.

51. Zhao-liang L., Young-Bing Y., Cheng-lian L., Zong-Xun C., and Tsung-Hsum T. 1998. Regulation of antioxidant enzymes by salicylic acid in cucumber leaves. Acta Botanica Sinica 40: 356-36.
52. Zhao D.Y., Shen L., Fan B., Liu K.L., Yu M.M., Zheng Y., Ding Y., Sheng J.P. 2009. Physiological and genetic properties of tomato fruits from 2 cultivars differing in chilling tolerance at cold storage. Food Chemistry 74: 348-352. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01156.x.
53. Zhang Z., Huber D. J., Qu H., Yun Z.E., Wang H., Huang Z., Huang H., and Jiang Y. 2015. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols. Food Chemistry 171: 191–199. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.001.